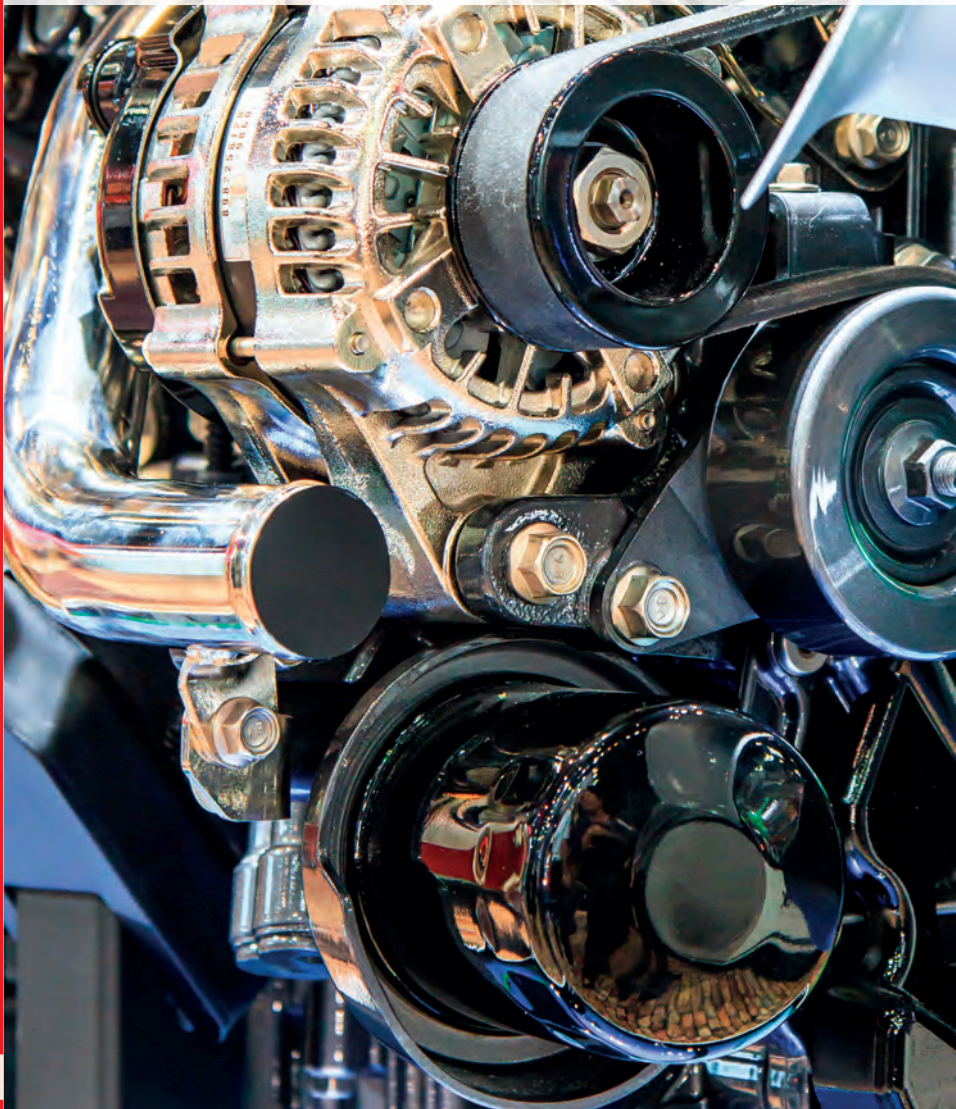


# Unitat 1

## El motor tèrmic. Classificació i elements constructius



### Preguntes inicials

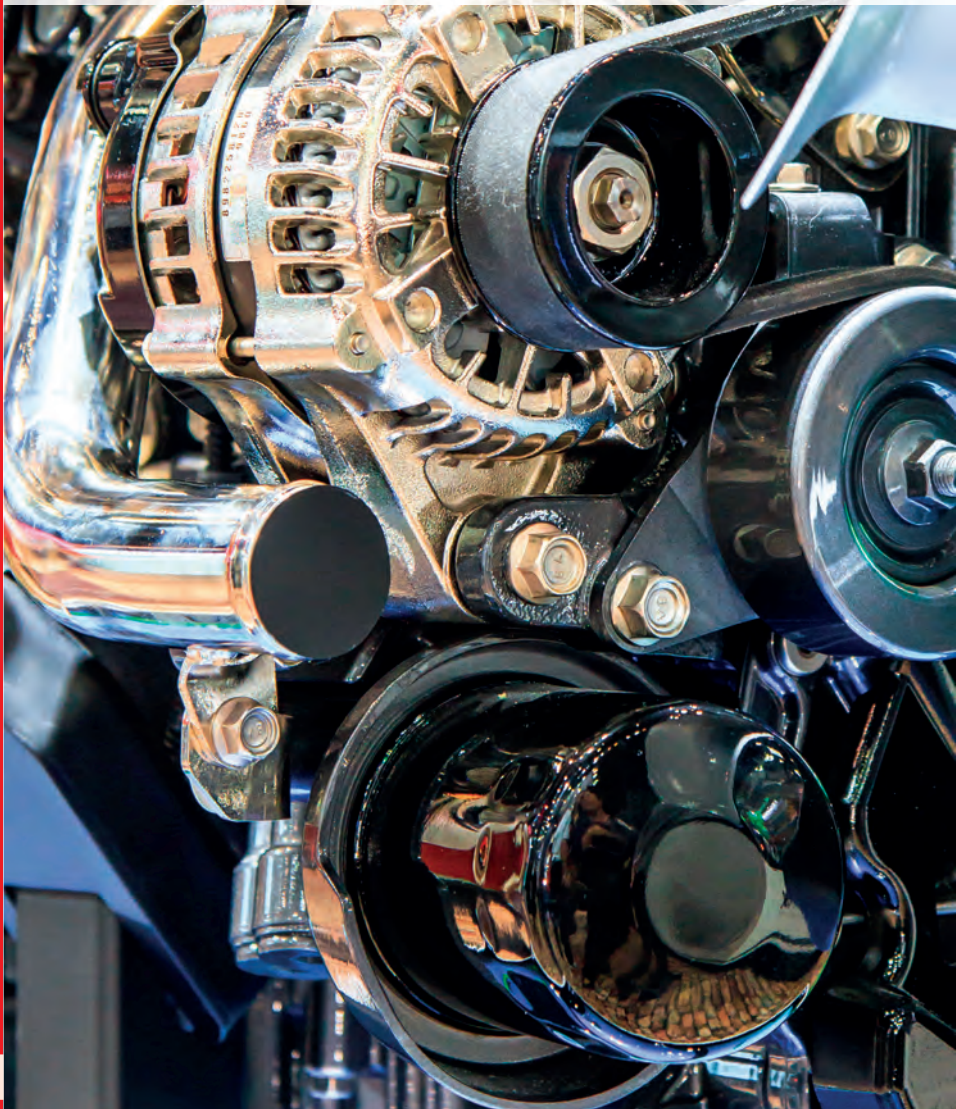
- 1.. Enumera els tipus de motors que coneixis.
- 2.. Quins materials s'usen en la fabricació dels motors?
- 3.. Quina funció té la distribució del motor?
- 4.. Què entens per elements fixos del motor?  
I per elements mòbils?  
Enumera'n alguns.

### En aquesta unitat aprendràs a...

- Classificar els motors més habituals en automoció.
- Distingir les parts del motor alternatiu.
- Identificar cada element constructiu del motor i comprendre'n la missió.
- Diferenciar entre elements fixos, mecanismes i circuits auxiliars del motor.

# Unitat 1

## El motor tèrmic. Classificació i elements constructius

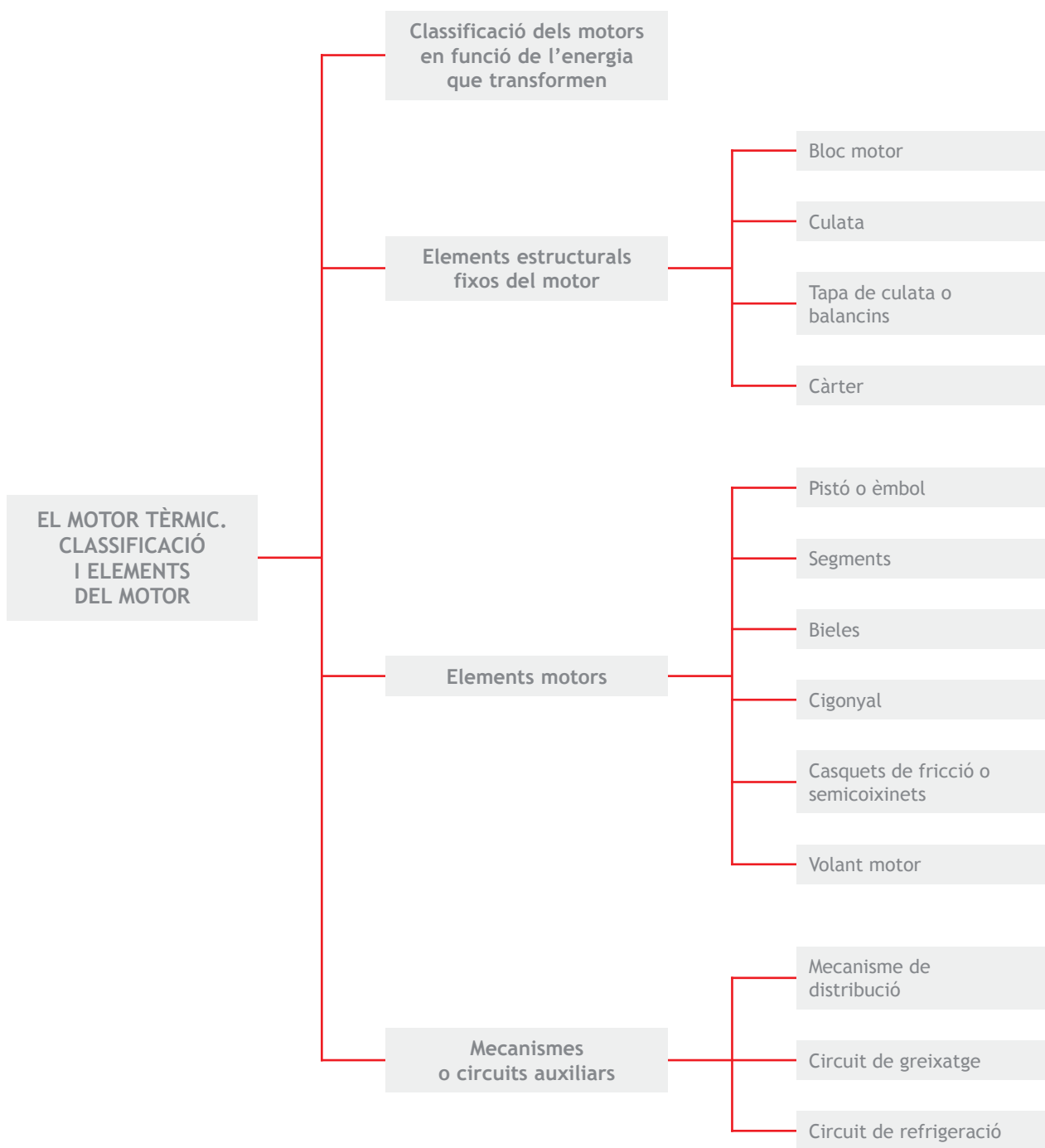


### Preguntes inicials

- 1.. Enumera els tipus de motors que coneixis.
- 2.. Quins materials s'usen en la fabricació dels motors?
- 3.. Quina funció té la distribució del motor?
- 4.. Què entens per elements fixos del motor?  
I per elements mòbils?  
Enumera'n alguns.

### En aquesta unitat aprendràs a...

- Classificar els motors més habituals en automoció.
- Distingir les parts del motor alternatiu.
- Identificar cada element constructiu del motor i comprendre'n la missió.
- Diferenciar entre elements fixos, mecanismes i circuits auxiliars del motor.



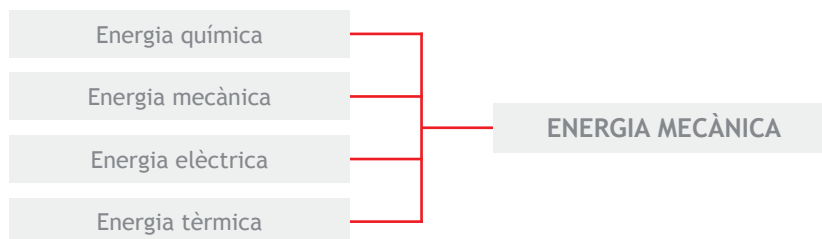
### Per al projecte final

- Podràs classificar el motor a través d'un simple cop d'ull per saber què et trobaràs en la reparació posterior.
- Observaràs els diferents materials de què està format el motor.
- Identificaràs els diferents elements constructius del motor.

## 1 >> Classificació dels motors en funció de l'energia que transformen

Un **motor** és tota màquina capaç de transformar qualsevol tipus d'energia en energia mecànica.

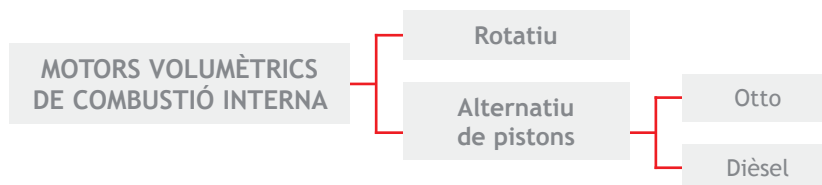
L'energia mecànica obtinguda a través dels motors es pot aprofitar de moltes maneres; entre altres, en la propulsió dels vehicles. Els motors es poden classificar depenent del tipus d'energia que transformen en energia mecànica. Les energies més utilitzades són:



### Motor híbrid

És la combinació de dos o més motors diferents, generalment un motor elèctric i un altre de tèrmic.

De totes les màquines motores que existeixen en l'actualitat, les que major interès tenen per a les aplicacions en automoció són les que transformen l'energia tèrmica (en realitat procedent de l'energia química) i l'elèctrica en energia mecànica. En aquest text, es desenvolupen principalment els motors alternatius de combustió interna, per ser els majoritaris en automoció. Són els denominats motors de gasolina (otto) i els motors dièsel alternatius.



## Exemples

1

### Els motors segons l'energia que transformen

A continuació, es relacionen una sèrie de màquines que transformen energia:

- Motor de gasolina o dièsel: transforma energia química del combustible en energia tèrmica que, al seu torn, es transforma en mecànica (moviment de l'eix).
- Motor elèctric: transforma energia elèctrica en mecànica (moviment de l'eix).
- Molí de vent: transforma l'energia mecànica o cinètica del vent en energia mecànica en l'eix que, al seu torn, se sol transformar en elèctrica.
- Central termosolar: transforma energia tèrmica del sol en energia mecànica que, normalment, es transforma, al seu torn, en electricitat.



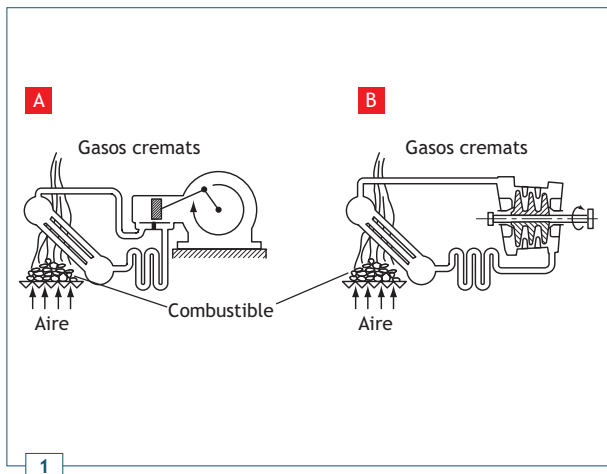
## 2 >> Motors tèrmics de combustió

Els **motors tèrmics** cremen combustible per aprofitar l'energia alliberada en forma de calor i transformar-la en energia mecànica o moviment.

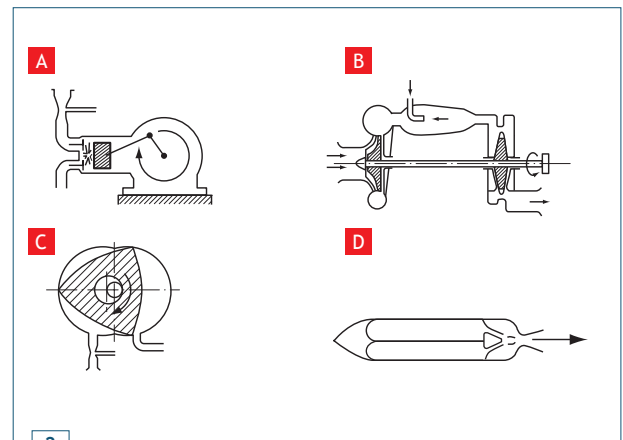
Degut a l'auge dels vehicles, al desenvolupament industrial del segle xx i al gran número d'aplicacions diferents per a les quals poden ser usats, hi ha una gran diversitat de motors tèrmics. Tots aquests tipus de motors es poden incloure en dos grans grups:

- Motors de combustió externa.
- Motors de combustió interna.

- A** Motor alternatiu
- B** Turbina
- C** Motor rotatiu
- D** Motor coet



1 Motors de combustió externa: alternatiu de vapor i turbina de vapor.



2 Motors de combustió interna: alternatiu, rotatiu, turbina de gas i motor coet.

Existeixen diversos tipus de motors tèrmics, però en aquest text es tractaran principalment els volumètrics de combustió interna.

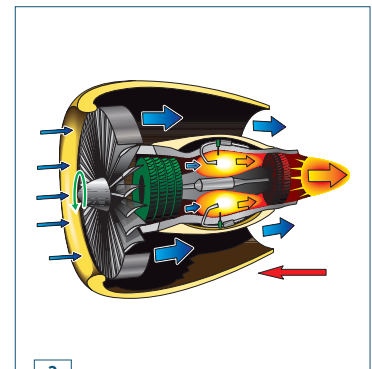
### Motors de combustió interna (MCI)

En els **motors de combustió interna**, el fluid que realitza el treball és el mateix que experimenta la combustió.

Hi ha una gran varietat de motors d'aquesta classe, però es poden classificar en dos grups:

- Motors de flux continu: reactors.
- Motors volumètrics de combustió interna.

En aquests motors, el fluid que realitza el treball està format pels productes de la reacció de combustió, que poden ser: aire (el sobrant de la reacció en el seu cas),  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{HC}$ , etc. L'ideal seria tenir únicament  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  i, en el seu cas, aire sobrant. La calor després de la reacció és un producte d'aquesta, però no és cap fluid, per la qual cosa no produeix el treball. La calor eleva la temperatura i la pressió dels fluids (els productes de la reacció) i aquests són els que realitzen el treball.



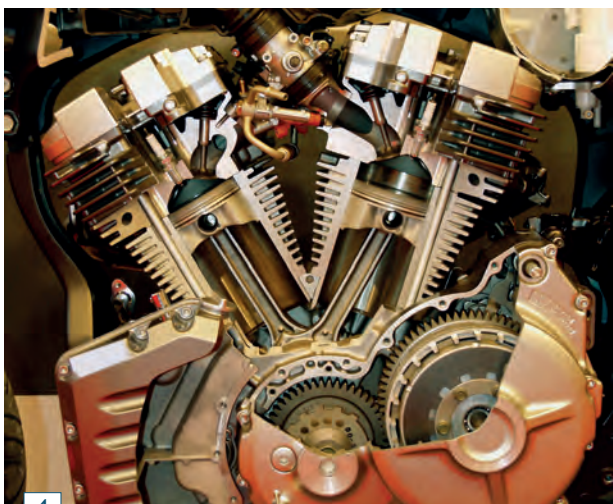
3 Motor de flux continu (no és alternatiu ni volumètric).

## Motors volumètrics de combustió interna

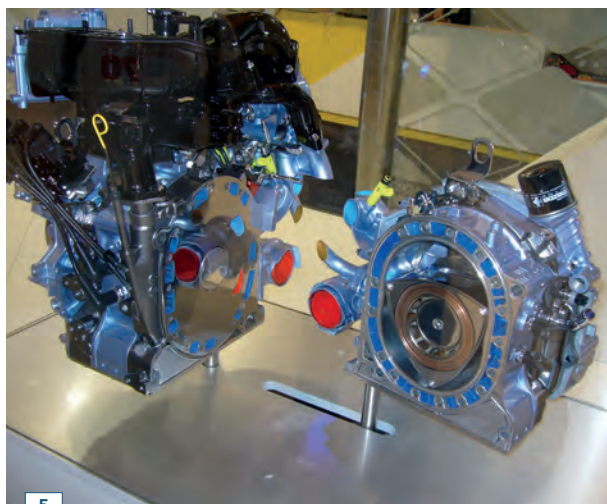
En els **motors volumètrics de combustió interna**, el treball és realitzat per un fluid que actua sobre elements mòbils que ocupen un volum variable, sempre acotat per un valor màxim i un altre de mínim.

Existeixen dos grans grups:

- **Motors alternatius:** el pistó es mou linealment a l'interior d'un cilindre i transforma el seu moviment lineal en rotatiu mitjançant un mecanisme biela-manovella (figura 4). Són els majoritaris en automoció i els que més es desenvolupen en aquest text.
- **Motors rotatius:** tenen òrgans principals amb moviment rotatori i sense canvi en el sentit del moviment (figura 5).



Motor alternatiu.



Motor rotatiu.

Els avantatges i inconvenients dels motors rotatius, enfront dels alternatius, es resumeixen a la taula següent:

| Avantatges dels rotatius                                                                                                                                                                                                          | Inconvenients dels rotatius                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mida reduïda per a igual potència.</li> <li>- Produeixen menys vibracions.</li> <li>- No hi ha canvis en el sentit de gir, per la qual cosa els esforços mecànics són menors.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemes per controlar les emissions d'escapament.</li> <li>- Elevats costos de producció.</li> <li>- Problemes d'estanquitat que deriven en un elevat manteniment.</li> <li>- Elevat consum d'oli.</li> </ul> |

## Activitats

**1••** Coneixes algun automòbil actual que funcioni amb motor rotatiu?

**2••** Esbrina les dades tècniques del motor del teu vehicle o del d'alguna persona del teu entorn. Et seran útils per classificar el motor. Pots fer servir la fitxa tècnica usada en les inspeccions ITV.

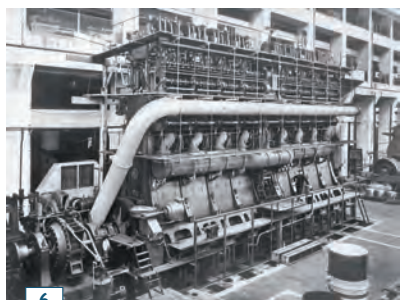
### 3 >> Motors de combustió interna alternatius

● Els **motors alternatius** són els motors de combustió interna amb més aplicacions perquè són molt versàtils, abracen potències des de 0,1 kW a 32 MW, tenen un rendiment bastant acceptable i poden usar combustibles d'un alt poder calorífic.

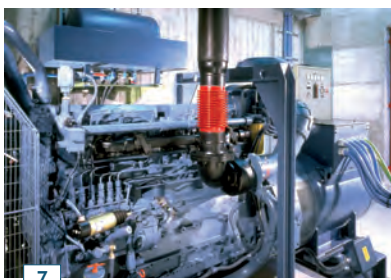
Aquest tipus de motors són els més importants en automoció, fonamentalment perquè usen combustibles líquids amb un alt poder calorífic, fet que els atorga una gran autonomia.

El seu ús està molt generalitzat. Encara que s'usen en automoció, també se'ls dóna altres múltiples usos, com mostra la taula següent:

| Automoció                                                                                                                                                                     | Altres usos                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transport per carretera.</li> <li>- Maquinària agrícola i d'obres.</li> <li>- Trens i vaixells.</li> <li>- Petits avions.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Generació d'energia elèctrica.</li> <li>- Accionament industrial: bombes, compressors, cintes transportadores, etc.</li> </ul> |



Motor de vaixell.



Motor de combustió interna alternatiu per a la generació d'electricitat.

A continuació, estudiarem una gran varietat de màquines, totes alternatives de combustió interna, però que tenen particularitats importants.

Es presenten classificades en funció de diferents criteris.

#### 3.1 > Classificació segons el procés de combustió

Principalment, hi ha dues formes de provocar la combustió en els motors de combustió interna alternatius:

- **Motors d'encesa provocada (MEP) o motors otto:** són motors en què, al final de la compressió, es té una mescla d'aire i combustible, i en què el procés de combustió s'inicia per una causa externa (generalment una guspira), i es propaga per un front de flama a tota la cambra de combustió.
- **Motors d'encesa per compressió (MEC) o motors dièsel:** el fluid introduït, generalment aire, després de ser fortament comprimit, arriba a certes condicions de pressió i temperatura, per tal que, quan s'injecti el combustible, s'autoinflami.

#### Autonomia

És la distància o el temps que un vehicle pot estar funcionant sense emplenar el dipòsit.

#### Poder calorífic

És l'energia alliberada per unitat de massa.



Motor de cicle otto.



Motor de cicle dièsel.

### 3.2 > Classificació segons el número de carreres en el cicle de treball

Els cicles termodinàmics en motors de combustió interna alternatius otto i dièsel es poden realitzar en dos o en quatre carreres del pistó.

#### Motors alternatius de quatre temps

 Els **motors alternatius de quatre temps** realitzen un cicle de treball per cada quatre carreres del pistó i, per tant, cada dues revolucions o voltes del cigonyal.

Durant les quatre carreres del cilindre, el motor realitza el procés següent:

- Primer temps o **admissió**.
- Segon temps o **compressió**.
- Tercer temps o **expansió**.
- Quart temps o **escapament**.

#### Motors alternatius de dos temps

 En els **motors alternatius de dos temps**, el cicle de treball es realitza cada dues carreres del pistó i, per tant, en una revolució o volta de cigonyal.

El seu ús es justifica en **motors de petita potència** per la seva senzillesa constructiva i, per tant, pel seu valor més econòmic. Aquests motors solen ser de **cicle otto**.

En canvi, la configuració típica per a **grans potències** és com la del **motor dièsel** de dos temps treballant a baixes revolucions. Aquesta solució s'adopta degut al fet que el pes d'un motor d'igual potència de quatre temps seria molt elevat. La complexitat d'aquests motors sembla a priori que hauria de ser menor pel fet de ser de dos temps, però la realitat és que, degut a la gran potència que poden desenvolupar i a les seves possibles dimensions, aquests motors poden ser molt complexos, fins i tot més que els de quatre temps. És molt habitual que en aquests motors existeixin vàlvules (no necessàriament d'admissió i escapament), fet que implica algun sistema de distribució. També és habitual que disposin de compressor.

#### rpm

Revolucions per minut.

#### rps

Revolucions per segon.

#### Equivalències entre rpm i hertzs

$60 \text{ rpm} = 1 \text{ rps} = 1 \text{ Hz}$

## Exemples

2

### Motor de dos temps enfront de quatre temps

Un motor de gasolina de quatre cilindres desenvolupa 70 kW a 4.000 rpm. Quanta potència, teòricament, podria desenvolupar el mateix motor si fos de dos temps? I si el motor de dos temps fos d'un sol cilindre?

Un motor de dos temps desenvolupa, per a unes rpm determinades, el doble de cicles de treball que un de quatre temps. Per la qual cosa el motor de dos temps podria desenvolupar  $70 \cdot 2 = 140 \text{ kW}$  i el motor d'un sol cilindre  $140/4 = 35 \text{ kW}$ .

### 3.3 > Classificació segons el tipus de refrigeració

La **refrigeració dels motors** és necessària per mantenir dins d'uns marges acceptables els límits de temperatura dels materials, el greixatge de les peces i les dilatacions tèrmiques.

A mesura que augmenta la seva cilindrada, el motor s'escalfa més i, per tant, necessita sistemes més eficients de dissipació de la calor.

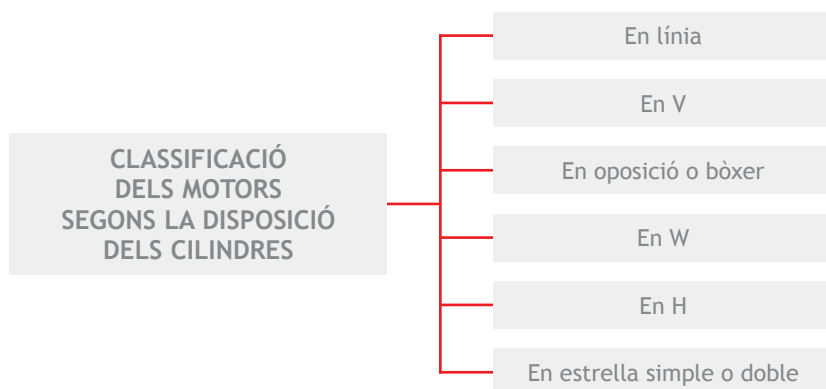
Atenent a aquest criteri, els motors poden estar:

- **Refrigerats per líquid:** la calor sobrant es transmet al líquid refrigerant. Aquest líquid és transportat a través d'unes canonades a un intercanviador de calor o radiador, des del qual s'expulsa a l'exterior.
- **Refrigerats per aire:** s'injecta aire a la superfície exterior del cilindre, o al bloc. El cilindre és aletejat amb la finalitat d'augmentar la superfície de contacte de l'aire amb el metall, i per tal que el procés de refrigeració sigui més eficient. La injecció de l'aire pot ser:
  - **Natural:** per exemple, en motocicletes o avions, degut al moviment del vehicle.
  - **Forçada:** mitjançant un ventilador que força el pas d'aire.

Cal tenir en compte que un motor amb un cilindre de  $1.000 \text{ cm}^3$  s'escalfa més que un altre amb quatre cilindres de  $250 \text{ cm}^3$ , ja que les superfícies d'intercanvi de calor són menors en les versions de menys cilindres.

### 3.4 > Classificació segons el número i la disposició dels cilindres

Els motors policilíndrics —és a dir, els que tenen més d'un cilindre— també es poden classificar en funció de les diferents disposicions d'aquests cilindres.



Els motors en línia no poden ser molt llargs, i estan limitats per la longitud màxima del motor, i per problemes associats a vibracions torsionals. Els motors més usats en automoció són els motors en línia, motors en V i horitzontals oposats (bòxer).



10 Bloc de motor refrigerat per aire.

#### Potència específica

Es tracta de la relació entre la potència del motor i el seu pes o volum. En automoció, interessa que sigui el més alta possible; és a dir, es tracta d'aconseguir motors molt potents que pesin i ocupin poc volum.

Es mesura en kW/kg o en kW/litre.

#### Torsió

Esforç que apareix en un eix, quan s'intenta girar un extrem respecte de l'altre.

### Líquid refrigerant

No és adequat dir que un motor està refrigerat per aigua, ja que el líquid de refrigeració de tots els motors està format per diverses substàncies i, evidentment, té millors propietats que l'aigua.

### GLP

Gas liquat del petroli. Mescla de propà i butà.

### GNC

Gas natural comprimit.

### Residu de motors d'hidrogen

La combustió de l'hidrogen genera aigua com a residu principal.

## 3.5 > Classificació segons el tipus de combustible utilitzat

En funció del combustible consumit, els motors poden ser:

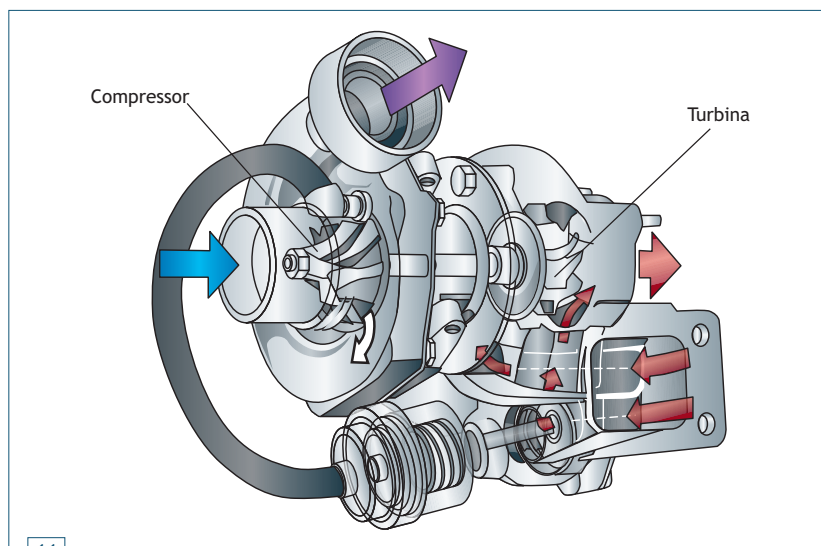
- **Motors de combustible gasós:** en aquests motors, el combustible cremat és un gas. L'avantatge principal d'aquests motors és que contenen menys, perquè la mescla és homogènia i usen combustibles molt purs. Els gasos més utilitzats són: propà, butà, GLP, biodièsel i GNC.
- **Motors de combustible líquid:** el combustible líquid té l'avantatge que s'emmagatzema en menor volum i té un alt poder calorífic. La facilitat d'emmagatzematge per obtenir un alt poder calorífic, per unitat de volum, fa que aquests combustibles siguin els més usats. Els combustibles líquids amb un ús més estès són: la gasolina, el gasoil, el querosè, l'etanol i el fuel pesant.

D'especial interès, degut als problemes amb l'**efecte hivernacle**, són els biocombustibles, els quals s'obtenen de diferents productes vegetals, com canya de sucre, remolatxa, blat de moro, colza, gira-sol, etc. Aquests combustibles tenen menor poder calorífic, però són menys contaminants que els procedents del petroli.

## 3.6 > Classificació segons la pressió d'admissió

Per últim, els motors alternatius es poden classificar en funció de la pressió d'admissió de l'aire aspirat:

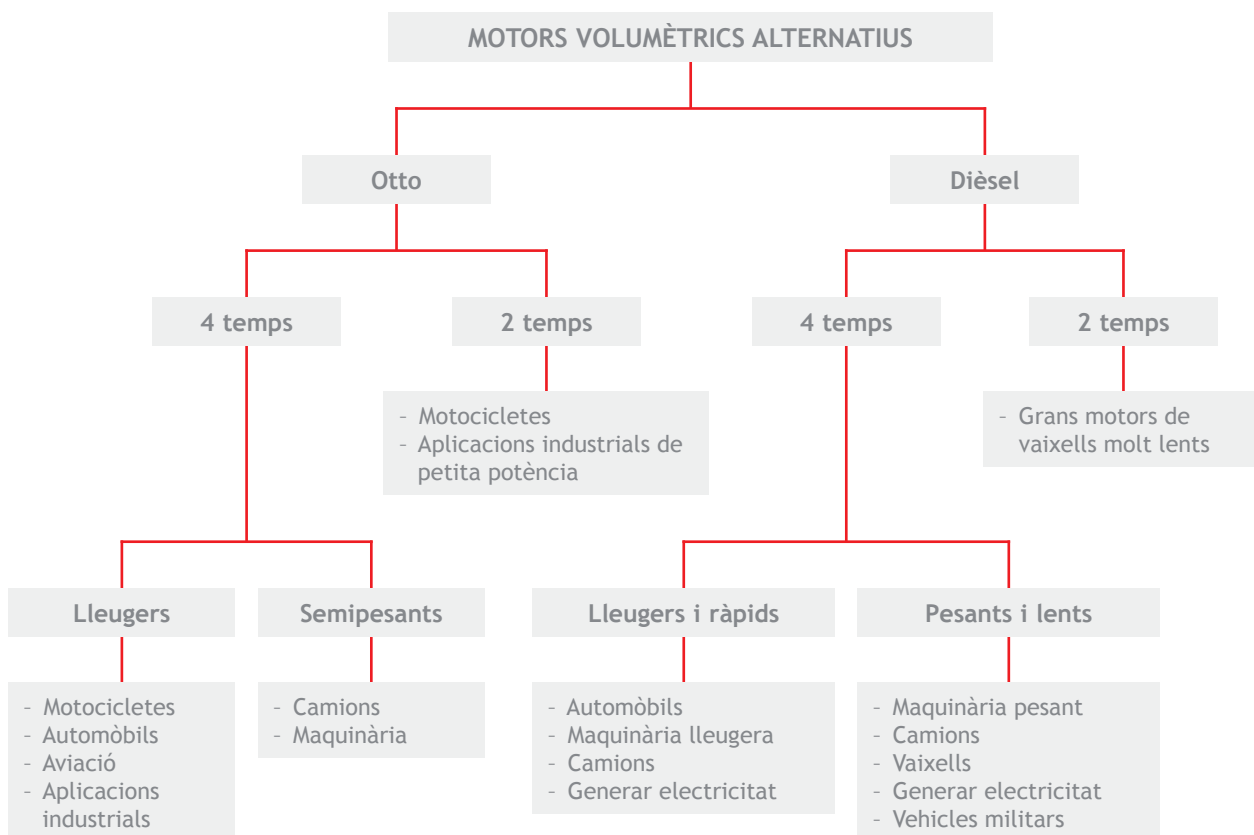
- **D'aspiració natural o atmosfèrica:** la pressió en el col·lector d'admissió és l'atmosfèrica o encara menor, degut a l'estrangulació que es produeix per a la regulació de la càrrega.
- **Sobrealimentat:** la pressió en el col·lector d'admissió és superior a l'atmosfèrica. L'augment de pressió s'aconsegueix amb un compressor. L'ús d'un turbocompressor (figura 11), que aprofiti l'energia residual dels gasos d'escapament, millora el rendiment global del motor, per la qual cosa el seu ús està molt estès.



Turbocompressor.

### 3.7 > Classificació dels motors alternatius segons l'ús

El disseny dels motors depèn fonamentalment de l'ús al qual vagin dirigits. Encara que a simple vista són molt similars, no és així i, en funció de l'aplicació a la qual vagin destinats, es poden classificar de la forma següent:



## Casos pràctics

1

### Quin tipus de motor és?

Segons els aspectes que coneguis, classifica el motor del vehicle següent:

Mazda 323F tipus BJ, codi motor D/RF de 101 CV.

### Solució

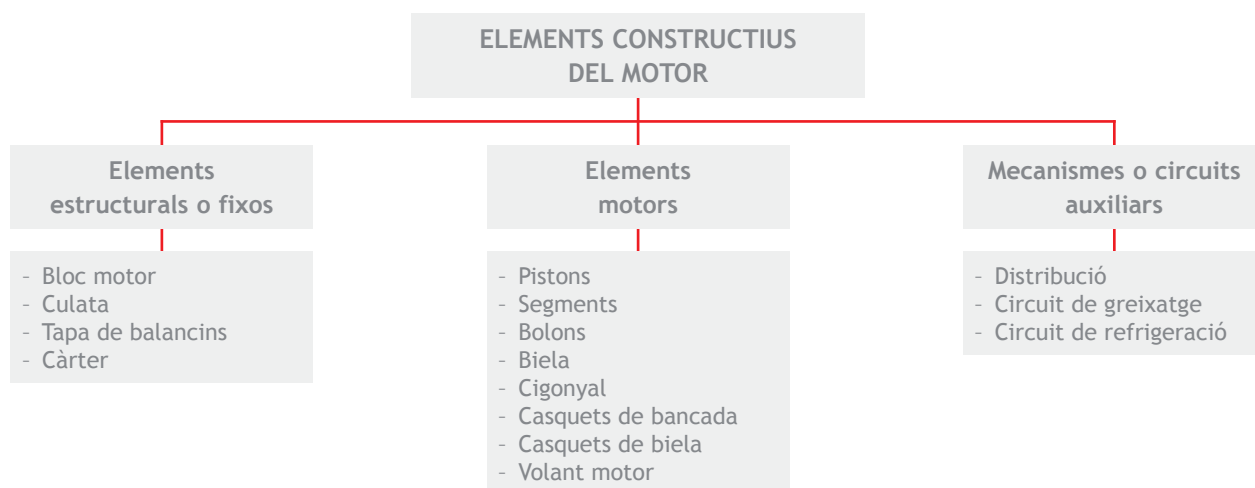
Després de consultar la informació necessària i partint del que sabem, les característiques del motor són les següents:

- Aquest motor transforma l'energia química en mecànica.
- Es tracta d'un motor volumètric de combustió interna alternatiu.
- És un motor d'encesa per compressió (dièsel).
- Es tracta d'un motor lleuger de quatre temps refrigerat per líquid.
- La disposició dels cilindres és en línia.
- Està sobrealimentat amb un turbocompressor.

## 4 >> Classificació dels elements constructius del motor

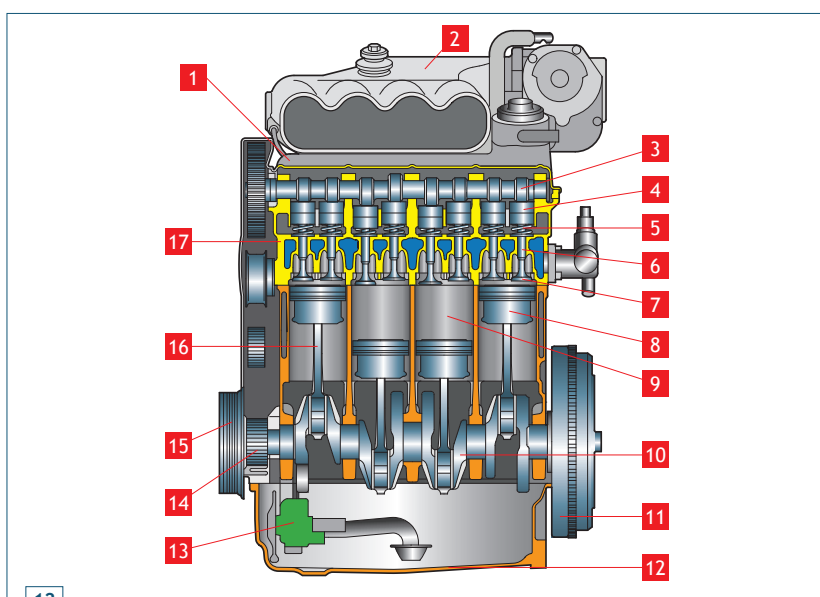
En els vehicles actuals, els elements constructius dels motors segueixen essent els mateixos que fa anys, encara que se n'han modificat les formes constructives, els materials, la tecnologia de fabricació, etc.

La classificació dels elements constructius del motor és la següent:



Els **elements motors** (figura 12) transformen un moviment lineal alternatiu del pistó en un de rotatori en el cigonyal. La **distribució** s'encarrega d'obrir i tancar els conductes d'entrada de gasos frescos i sortida de gasos cremats. El motor, a més, ha de ser lubricat per un **circuit de greixatge** per evitar danys i pèrdues energètiques per fregaments i també ha de ser refrigerat per un **circuit de refrigeració** per tal que no es produeixin danys per excessos de temperatures.

- 1 Tapa de balancins
- 2 Col·lector d'admissió
- 3 Arbre de lleves
- 4 Taquet
- 5 Molla
- 6 Guia de vàlvula
- 7 Vàlvula
- 8 Pistó
- 9 Cilindre
- 10 Cigonyal
- 11 Volant motor
- 12 Càrter
- 13 Bomba d'oli
- 14 Distribució
- 15 Politja
- 16 Biela
- 17 Culata



Secció d'un motor. Font: VOLKSWAGEN.

## 5 >> Elements estructurals o fixos del motor

● Els **elements estructurals o fixos del motor** són peces que serveixen d'allotjament, suport i guiatge a les parts motores del motor.

Els elements fixos del motor són (figura 13): el bloc motor, la culata, el càrter, la tapa de balancins o de culata.

### 5.1 > Bloc motor

El bloc motor (figura 14) és la peça més important del motor. Es troba ancorat a la carrosseria a través de *silent-blocks* que proporcionen una unió elàstica que s'encarrega d'absorbir les vibracions del motor per tal que no es transmetin a la carrosseria i als seus ocupants.

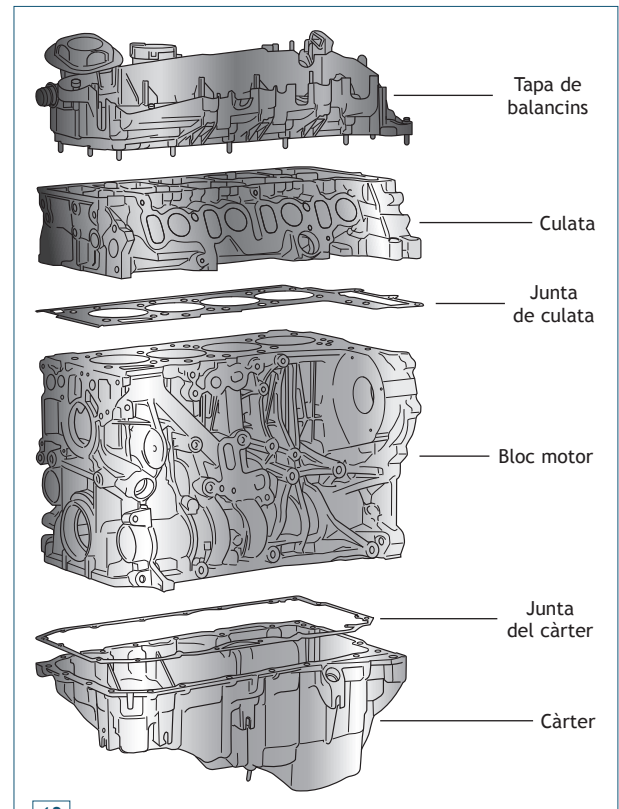
El bloc té practicats uns orificis, anomenats **cilindres**, on s'allotgen, guien i desplacen els pistons amb un moviment alternatiu. Els cilindres tenen diverses utilitats:

- Recipient per contenir la mescla aire-combustible que s'ha de cremar.
- Cambra d'expansió d'aquesta mescla.

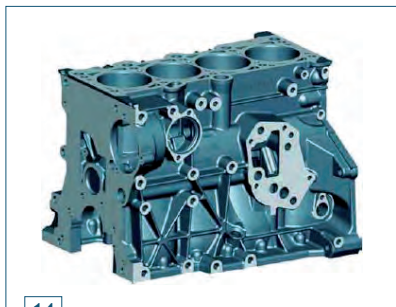
Sobre la part superior del bloc es practica una cara totalment plana sobre la qual s'assenta la **culata** amb interposició de la junta de culata, per aconseguir l'estanquitat entre les dues peces. La unió d'aquestes dues peces, a través de cargols de culata, ha de ser molt resistent perquè han de suportar grans esforços produïts per la combustió.

Sobre la part inferior es mecanitza la bancada, on s'allotja el **cigonyal** amb interposició d'uns casquets de fricció. Aquesta bancada pot ser de capellets independents, en els blocs de funció (figura 16), o d'una tapa de bancada o semicàrter que és més rígid, sobretot en els blocs d'aliatge d'alumini (figura 15).

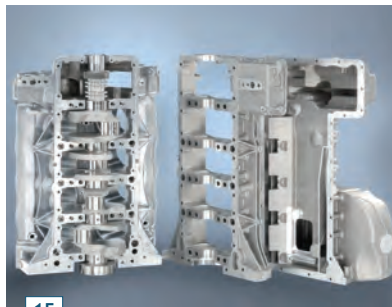
El cigonyal és la peça que rep el moviment alternatiu dels pistons a través de les bieles i que gira per transmetre el moviment.



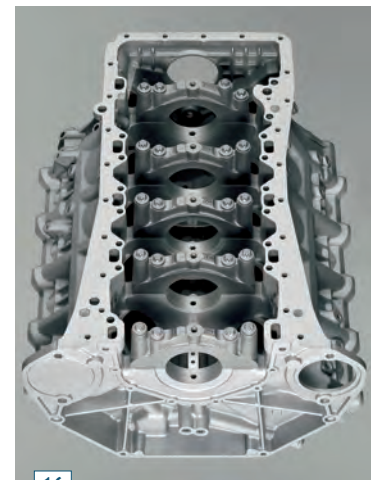
13 Elements estructurals o fixos del motor.



14 Bloc motor.



15 Bloc amb semicàrter de bancada.



16 Bloc amb capellets independents de bancada.

A més, el bloc serveix per:

- Ancorar diferents mecanismes o circuits auxiliars, com la distribució, la refrigeració, el greixatge, etc.
- Conduir els fluids dels circuits de refrigeració i greixatge als llocs on es necessiten a través d'uns orificis mecanitzats.
- Collar la caixa de canvis.

### Característiques dels blocs

Han de presentar les següents característiques per a un funcionament correcte:

- Alta rigidesa o resistència estructural.
- Gran resistència al desgast.
- Bona capacitat d'evacuació de la calor.

### Tipus de blocs

Els blocs es classifiquen atenent a la forma de fabricar els cilindres:

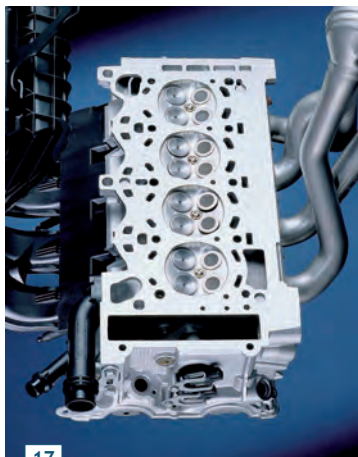
- **Blocs amb camises integrals:** les camises es mecanitzen directament al bloc.
- **Blocs amb camises seques:** les camises són postisses i es posen a pressió al bloc. La camisa no té contacte directe amb el circuit de refrigeració.
- **Blocs amb camises humides:** les camises també són postisses, no van a pressió i tenen contacte directe amb el sistema de refrigeració.

### Materials

Els blocs solen estar fabricats en fosa de ferro, també anomenada fosa gris, o en aliatge lleuger d'alumini, essent aquests últims més lleugers, amb major dissipació tèrmica i menys resistents.

## 5.2 > Culata

La **culata** és la peça que tanca el bloc per la part superior. La culata i el bloc van units per les superfícies perfectament planes amb interposició d'una junta, anomenada junta de culata, que es caracteritza pel seu disseny tecnològic. Estan units per uns pernns roscats que assegurin l'estanquitat entre culata i bloc.



17

Culata.

La culata (figura 17) és un element molt costós de fabricar. En el seu disseny i fabricació, cal tenir en compte que a l'interior ha d'allotjar:

- Les cambres on es realitza la combustió.
- Part dels col·lectors d'admissió i dels col·lectors d'escapament amb les seves respectives vàlvules, balancins, taquets, arbres de lleves i altres elements de la distribució.
- Conductes per al pas del líquid refrigerant i lubricant.
- Bugies d'encesa o bugies de preescalfament.
- Injectors.
- Orificis per als cargols de culata i diferents espàrrecs.
- Diverses zones planes per a l'acoblament a altres elements.

La culata, juntament amb la seva junta d'estanquitat, són els elements que amb més freqüència provoquen avaries, degut als esforços que han de suportar causats per les elevades pressions i temperatures que suporten.

### Tipus de culates

Existeixen culates per a motors dièsel i per a motors de gasolina, essent la principal diferència entre elles la forma que té la cambra:

- En els motors dièsel, la culata sol ser plana, quedant la cambra practicada al pistó o en una precambra que comunica amb el cilindre a través d'un petit orifici.
- En els motors de gasolina, la cambra sol estar practicada a la culata i n'hi ha de diferents formes, com de banyera, de falca, hemisfèriques, Heron, etc.

### Materials

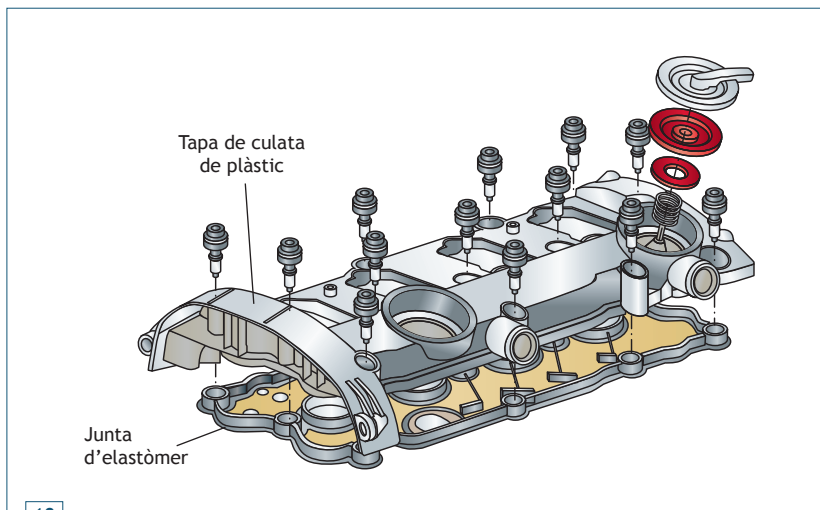
Els materials de fabricació són el ferro fos i els aliatges d'alumini, com en els blocs, essent les més usades, amb diferència, les d'aliatge d'alumini, sobretot per la seva millor dissipació tèrmica.

## 5.3 > Tapa de culata o de balancins

La **tapa de culata o de balancins** és la que s'encarrega de fer el tancament estanc de la part alta de la culata.

La tapa de culata (figura 18) dóna accés a elements de distribució per a la seva reparació i manteniment, com arbres de lleves, taquets, balancins, etc.

S'encarrega d'estanquitzar l'oli i els seus vapors, condensant-los i tornant-los líquids una altra vegada per tal que caiguin per gravetat a través del motor. Per aconseguir aquesta estanquitat, s'interposa entre aquesta i la culata la junta de la tapa de balancins.



Tapa de culata o de balancins.

## 5.4 > Càrter

### Pràctica

1



19

Càrter mixt.

El **càrter** és la tapa que tanca el bloc motor per la seva part inferior de forma estanca. Té la missió de fer de dipòsit d'oli, refrigerant-lo lleugerament. Allotja el tap de buidatge per realitzar el canvi d'oli i pot allotjar sensors de temperatura, nivell d'oli, etc.

Per aconseguir l'estanquitat entre bloc i càrter, s'interposa una junta d'elastòmers, paper o cordó líquid de poliuretà o silicona.

El càrter es pot fabricar amb diferents materials, com poden ser:

- Xapa estampada. S'abonyega en ser colpejada sense patir pèrdues d'oli.
- Aliatge d'alumini. Pesa poc, és més fràgil i refrigera molt més.

Moltes vegades, es recorre a una solució intermèdia. En aquest cas, el càrter està format per dues peces (figura 19): la superior d'alumini per refrigerar i la inferior de xapa, per evitar les fuites d'oli per impactes.

## Casos pràctics

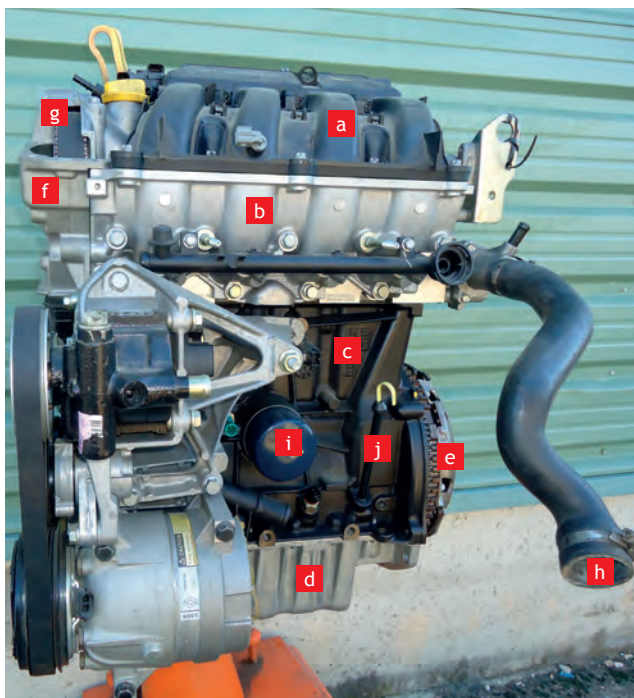
2

### Identificació visual d'elements del motor

El Lluís ha d'extraure un motor del vehicle que es troba al taller. El col·locarà sobre un suport de motor, però sense desmuntar els elements que el formen. Quins elements del motor pot identificar el Lluís?

### Solució

El Lluís observarà el motor muntat, fet que li permet veure'n al complet els elements estructurals o fixos, com són: la tapa de balancins (a), la culata (b), el bloc (c) i el càrter (d). Dels elements motors, només en podrà observar el volant motor (e), si es troba sense la caixa de canvis, o a través d'algun orifici d'aquesta caixa, si està muntada. I, per últim, podrà veure la carcassa (f), que tapa la distribució (g) però no la veurà. També podrà observar les sortides (h) i les entrades del circuit de refrigeració, juntament amb la bomba d'aigua en alguns models, i veurà el filtre (i) i la vareta de nivell d'oli (j) del circuit de greixatge.



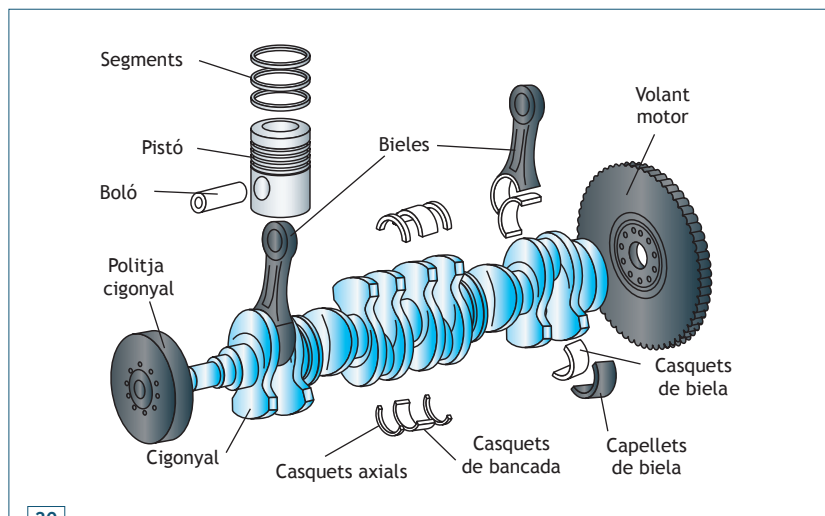
## Activitats

3•• Esmenta els materials que s'utilitzen en la fabricació dels càrters de motor. Comenta les qualitats i els inconvenients de cada un i digues quin és millor en diferents casos.

## 6 >> Tren alternatiu

El **tren alternatiu** està format pels elements mòbils del motor. Són els encarregats de transformar l'energia química del combustible en energia mecànica.

Les peces del tren alternatiu (figura 20) són: el pistó, els segments, el boló, la biela, els casquets, el cigonyal i el volant motor.



20

Tren alternatiu del motor.

El moviment lineal alternatiu del pistó es transforma en moviment de rotació del cigonyal. Aquest moviment és el que posteriorment s'aprofitarà i s'extraurà del motor.

### 6.1 > Pistó o èmbol

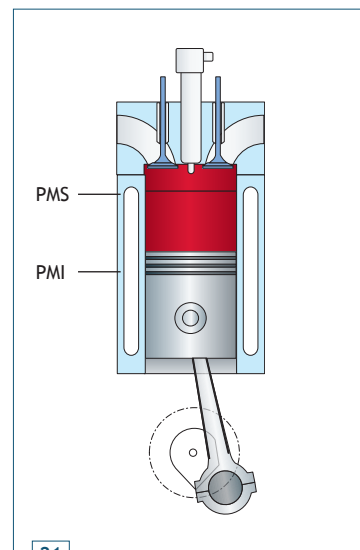
El **pistó** és l'element del motor que es desplaça dins del cilindre amb moviment lineal alternatiu, mentre que el cilindre li serveix de guia.

Sobre el cap del pistó es produeix la combustió o força d'expansió dels gasos. Aquesta força empeny el pistó cap avall en la seva carrera descendent i, al seu torn, el pistó transmet el moviment a la biela, a través del boló, i la biela al cigonyal. La pujada es produeix gràcies a l'energia emmagatzemada al volant d'inèrcia.

#### Característiques dels pistons

El pistó és una peça del motor sotmesa a certes condicions:

- Pressions molt elevades.
- Inèrcies d'acceleracions i desacceleracions en passar dels punts morts (PMS i PMI), lloc on la velocitat és zero, al punt on la velocitat és màxima i viceversa.
- Variacions molt brusques de temperatura.



21

Moviment vist axialment.

**PMS**

Punt mort superior.

**PMI**

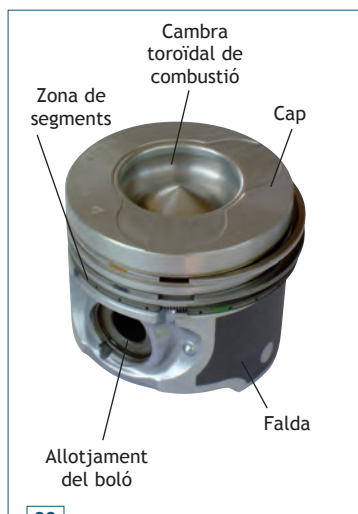
Punt mort inferior.

### Velocitat mitjana del pistó

El pistó puja i baixa constantment, havent de parar en els punts morts superior i inferior. D'aquí es dedueix que la velocitat del pistó no és uniforme; per això, se'n calcula la velocitat mitjana. La velocitat mitjana del pistó està al voltant de 20 m/s com a màxim. El límit es deu al fet que, a molt altes revolucions, hi ha problemes de lubricació entre cilindre, segments i pistó. Millorant la qualitat de l'oli, es pot augmentar el número de revolucions màxim.

### Velocitat màxima del pistó

La velocitat màxima del pistó es produeix quan el conjunt biela-manovella forma 90 graus (aproximadament a mig camí entre el PMS i el PMI).



22

Pistó de motor d'injecció directa dièsel.

Per tant, les característiques principals dels pistons han de ser:

- Disseny, materials i fabricació específics per a cada tipus de motor.
- Resistència a intensos esforços mecànics i a elevades temperatures.
- Alta conductibilitat tèrmica i capacitat per dissipar bé la calor fins al circuit de refrigeració.
- Estanquitzar el millor possible.
- Tenir baix coeficient de dilatació per tenir una amplitud el més constant possible en el cilindre.
- Elevada capacitat de lliscament; pateix fregaments molt importants.
- Ser el més lleuger possible per evitar grans inèrcies.

### Materials

Els materials més usats en la fabricació dels pistons són l'alumini i el silici.

El procés de fabricació pot ser per fosa en conquilla o al forjat per estampació. Després es mecanitzen i es tracten tèrmicament o químicament a la part exterior per augmentar-ne encara més la resistència i la capacitat de lliscament.

### Parts del pistó

Un pistó (figura 22) està constituït per les parts següents:

- **Cap:** ha de tenir una conducció tèrmica molt alta i gran resistència mecànica. En els motors dièsel d'injecció directa allotja la cambra de combustió i en els de gasolina els deflectors, que milloren l'homogeneïtzació de la mescla i la combustió.
- **Zona de segments:** és la part amb encaixos que allotja els segments, generalment tres. En l'encaix superior, el que més pateix les pressions i les temperatures elevades, s'hi sol posar un encaix postís de fosa.
- **Zona d'allotjament del boló:** és la zona més robusta i reforçada del boló, ja que és on es transmet el moviment al peu de biela.
- **La falda del pistó:** és la part inferior del pistó i serveix per fer el guiatge del pistó i evitar el capcineig. A la falda se sol col·locar una serigrafia de grafit i molibdè per disminuir el fregament amb el cilindre. La falda sol ser més llarga a les zones transversals al boló.

## 6.2 > Segments



Els **segments** són cercles elàstics oberts, situats en encaixos del pistó, que garanteixen l'estanquitat entre el cilindre i el pistó. Són els encarregats de transmetre la major part de la calor de la combustió rebuda pel pistó i cedir-la al cilindre, on el dissipa el sistema de refrigeració.

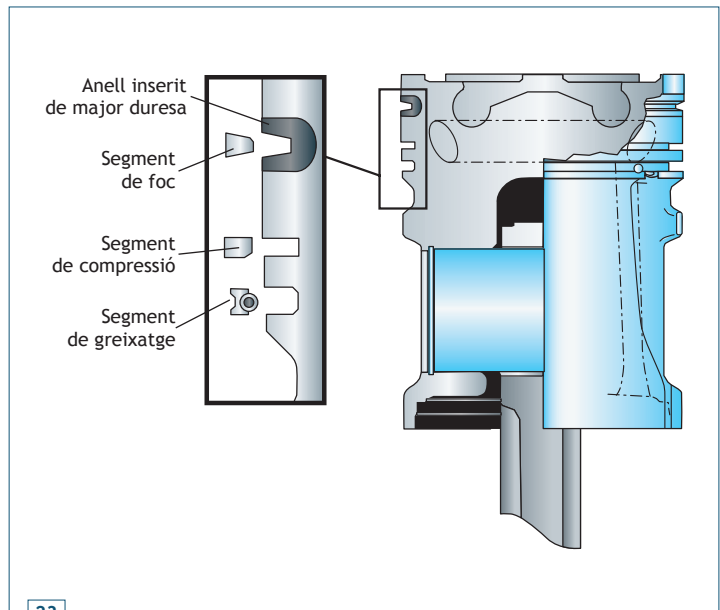
La dissipació de la calor també es produeix gràcies a l'oli que queda impregnat al cilindre. Els segments arrosseguen aquest oli i el fan caure per l'interior del pistó, i d'aquí al càrter. El fet de recollir l'oli evita que passi a la cambra i es cremi, evitant així el consum excessiu d'oli i aconseguint una menor contaminació.

### Tipus de segments

El més habitual és trobar pistons amb tres segments (figura 23), encara que n'existeixen altres amb quatre, com per exemple, en els vehicles industrials, o fins i tot amb dos, en motors petits. La secció dels segments varia en funció de la seva posició i les seves característiques.

En cas que hi hagi tres segments, són els següents:

- **Segment de foc:** és un segment de compressió. Va allotjat en la mecanització de la part superior del pistó. Suporta la combustió directament i és el que ha de dissipar més calor.
- **Segment intermedi o de compressió:** té com a missió reforçar el primer segment retenint la compressió, a més d'ajudar el següent a rascar l'oli que hagi quedat i que recollirà aquest últim.
- **Segment de greixatge o rascador:** situat a la part inferior. Rasca la major part de l'oli, el recull per tal que no passi a la cambra de combustió i el fa passar per uns orificis que es practiquen al seu encaix, a la part interior del pistó per refrigerar-lo. El segment de greixatge sol estar constituït per diverses peces, entre elles una molla que assegura el bon contacte amb el cilindre.



23

Ubicació dels segments.

#### Esforç de flexió

Esforç que pateix una peça quan, estant recolzada als seus extrems, s'exerceix una força al centre.

### Materials

Els segments es fabriquen per fosa de ferro aliat amb altres materials. Els segments de foc solen portar un bany electrolític cromat.

### 6.3 > Boló

El **boló** és l'eix a través del qual s'uneixen el pistó i el peu de la biela. S'hi transmet tota la força de la combustió (figura 24). Es tracta d'una peça buida sotmesa a esforços tallants i de flexió.



24

Detall de la robustesa d'un boló.

La unió entre el boló i el peu de la biela pot ser:

- **De boló flotant:** permet certa oscil·lació de la biela i cal interposar entre ells un casquet de bronze i fer-hi arribar lubricació.
- **De boló fix:** es fixa el boló al peu de la biela per interferència o fixació. En aquest cas, el diàmetre del boló és lleugerament major que el del peu de la biela, i així se n'aconsegueix la fixació.

### Materials

El boló se sol fabricar de fosa d'acer aliat. Posteriorment, s'hi aplica un tractament superficial de nitruració o cementació.

#### Desplaçament del boló

La majoria dels pistons tenen lleugerament desplaçat l'eix del boló per fer els desgasts més uniformes en les dues parts del cilindre. Això es fa per reduir el campaneig quan el pistó puja recolzat en una part del cilindre i baixa recolzat en la part oposada del cilindre.

## 6.4 > Bieles

La **biela** és la peça que transmet la força del pistó al cigonyal i és clau en la transformació del moviment lineal alternatiu del pistó en un moviment de rotació del cigonyal.



25

Bieles amb peu trapezoïdal.

### Bieles amb peu trapezoïdal

El peu de biela sol ser en l'actualitat trapezoïdal per augmentar les superfícies de treball del pistó i de la biela, reduint així la pressió i, en conseqüència, els esforços mecànics.

### Característiques

Està constituïda per un cos (figura 25), amb secció en forma de H o doble T, que a l'extrem superior allotja el peu de biela, orifici on s'allotja el boló per unir-se amb el pistó i on rebrà l'embranchida de la combustió.

A l'extrem inferior va allotjat el cap de biela, generalment amb una peça independent, anomenada capellet de biela. Aquesta peça pot anar dividida perpendicularment a l'eix de biela, sobretot en motors petits, o de forma obliqua, quan l'amplada del cap de la biela és major que el diàmetre del cilindre en motors més grans.

La unió del capellet de biela a la biela pròpiament dita se sol fer a través de dos perns roscats de gran qualitat. El cap de biela porta allotjats els semicoixinets de fricció per evitar el fregament directe entre la biela i el cigonyal. El cos de la biela va augmentant la seva secció des de la inserció del peu de biela fins a la inserció del cap de forma progressiva.

La biela pot portar un orifici que comunica el cap de biela amb el peu de biela per fer arribar oli a pressió, procedent del cigonyal, cap al boló flotant.

En motors petits, com en els de motocicletes, les bieles tenen el cap en una sola peça perquè el cigonyal és desmuntable i entremig s'hi col·loca un rodament d'agulles, en comptes de casquets de fricció.

### Característiques de les bieles

La biela ha de ser robusta, però el més lleugera possible per reduir les seves inèrcies i suportar els esforços mecànics a què està sotmesa:

- **Esforços de tracció:** en admetre la mescla.
- **Esforços de compressió i flexió:** en transmetre la força de combustió i en fer la compressió.

### Materials

Se solen fabricar per fosa de ferro o forjat per estampació de ferro al carboni aliat amb altres materials. Posteriorment, es mecanitzen les broques de greixatge i els orificis per al boló i el cigonyal.

L'últim és el craqueig del cap de biela, que consisteix en fracturar-lo per separar el capellet. Es realitza en un punt de ruptura previst realitzat per un raig làser.

## 6.5 > Cigonyal

El **cigonyal** és un arbre motor, on s'allotgen tants colzes com cilindres tingui el motor. La força de la combustió que rep a través de les bieles es converteix en un parell que fa girar el cigonyal.

### Característiques

La forma del cigonyal (figura 26) depèn del número de cilindres, del tipus de motor, de l'ordre d'encesa, del número de suports en la bancada, etc. Les principals parts del cigonyal són:

- Monyequetes de bancada o punts de gir. Són punts alineats en un mateix eix sobre els quals gira el cigonyal recolzat en la bancada.
- Monyequetes de biela o punts de gir dels caps de biela. Les monyequetes solen anar desalineades entre si, segons el tipus de motor.
- Contrapesos per equilibrar el conjunt i evitar vibracions.
- El plat d'amarratge en un dels extrems on es colla el volant motor o d'inèrcia.
- El xaveter a l'altre extrem per fixar el pinyó de la distribució i la politja per a la corretja d'accessoris.

El cigonyal suporta grans friccions, per la qual cosa, per evitar el desgast, ha d'anar lubricat a pressió. És una peça sotmesa a efectes de torsió i flexió, cada vegada que una biela li transmet la força de la combustió i el fa girar; per això, ha de tenir una certa flexibilitat i suportar també vibracions i inèrcies importants.

El cigonyal rep oli a pressió primer en els suports de bancada, i d'aquí passa també a pressió a les monyequetes de biela a través d'uns orificis, que es practiquen un cop fabricat el cigonyal. Aquests orificis uneixen les monyequetes de bancada amb les de biela per al greixatge.

### Materials

Els cigonyals es fabriquen en fosa de ferro aliats amb altres materials. Els més comuns són els forjats per estampació d'acer aliat. Posteriorment, se'ls dona un tractament superficial que pot ser nitruració, cementació, tremp o revinguda.

## 6.6 > Casquets de fricció o semicoixinets

Els **casquets de fricció o semicoixinets** (figura 27) són elements que s'interposen entre les monyequetes de bancada del cigonyal i la bancada pròpiament dita i entre les monyequetes de biela del cigonyal i les bieles. La seva missió és reduir el coeficient de fricció entre aquestes peces i, en conseqüència, eliminar temperatures elevades i desgast.

També existeixen els anomenats casquets axials, que s'intercalen entre el cigonyal i la bancada i serveixen per limitar-ne el joc axial. Algunes vegades, van inclosos directament als casquets de bancada centrals en una sola peça.

### Parell motor

El parell és el producte de la força per la distància.

$$M = F \cdot d$$

Quan apliquem la força de la combustió sobre la monyequeta del cigonyal es genera un parell. En el motor, la força que rep el pistó sobre el seu cap varia constantment i la distància d'aplicació, en girar la monyequeta, també està variant de forma contínua. Per això, el parell instantani del motor també varia constantment. Aquest parell és el que després es transmetrà a les rodes per iniciar primer el moviment i després mantenir-lo.

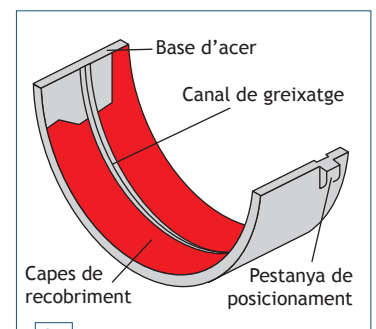
### Número de suports del cigonyal

Actualment, el número de suports del cigonyal a la bancada en els motors en línia sol ser igual al número de cilindres més un.



26

Cigonyal.



27

Semicoixinets.

## Característiques

Les principals característiques dels casquets són:

- Alta resistència a la compressió.
- Reducció de la fricció per evitar el gripatge, la fatiga i el desgast.
- Tenir una alta conductibilitat tèrmica.
- Permetre la incrustació de partícules sòlides de l'oli sense danyar el cigonyal.

## Materials

### Volants bimassa

Els volants més moderns es troben dividits en dues masses que estan unides entre si per molles que s'encarreguen d'absorbir les aciclicitats del motor per tal que no es passin a la transmissió.

Els casquets estan fabricats d'un material especial per suportar la fricció. Estan construïts per platina d'acer convenientment corbada al radi necessari, formant un semicercle, recoberta interiorment, on es realitza la fricció, de diferents capes d'aliatges com l'estany, el coure, el plom i l'alumini. La platina d'acer té una pestanya de posicionament per tal que els casquets quedin ben allotjats i no es girin.

## 6.7 > Volant motor

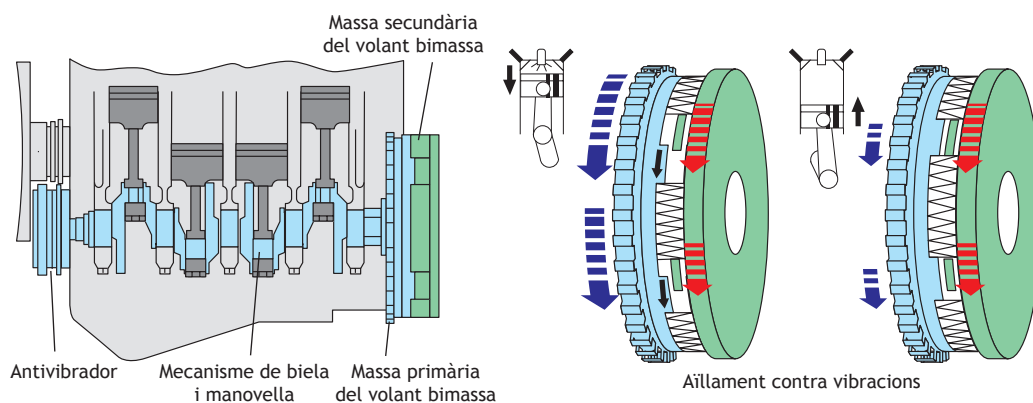
En els motors tèrmics alternatius de quatre temps, les combustions no se succeeixen uniformement i existeixen més carreres que no produeixen treball de les que sí en produeixen. Per això, es creen aciclicitats del motor que s'intenten resoldre amb la col·locació d'un volant motor (figura 28).

El **volant motor** és la peça encarregada d'emmagatzemar energia cinètica de les carreres de treball o motores i cedir-la a les carreres no motores. Per això, ha de tenir una massa important.

A més, té la funció d'allotjar al seu perímetre exterior una corona col·locada per interferència que engrana el pinyó del motor d'arrencada.

També sol portar una altra corona de dents emmerletades per al sensor de revolucions del motor, usada en l'encesa i la injecció.

Sobre el volant motor es colla el conjunt de l'embragatge i porta una zona mecanitzada sobre la qual fricciona el disc d'embragatge.



## 7 >> Mecanismes i circuits auxiliars

Entre els mecanismes i circuits auxiliars es troben:

- **Mecanisme de la distribució:** permet sincronitzar l'entrada de la mescla que es cremarà al motor i la posterior expulsió dels gasos cremats. Sense aquest mecanisme, el motor no podria funcionar i, si fallés, produiria ruptures importants al motor, com doblegar vàlvules.
- **El circuit de greixatge:** lubrica i refrigera totes les parts mòbils del motor, reduint-ne els fregaments i, per tant, els desgastos. Sense aquest circuit, es fondria una biela o es griparia el motor.
- **El circuit de refrigeració:** dissipa la calor generada en la combustió i en els fregaments per evitar dilatacions, i fins i tot fusions o gripatges dels materials. Sense aquest circuit, el motor podria funcionar uns minuts fins que superés la seva temperatura de funcionament normal i es cremés la junta de culata per excés de temperatura.

### 7.1 > Mecanisme de la distribució

El **mecanisme de la distribució** s'encarrega d'obrir i tancar les vàlvules de forma sincronitzada per poder efectuar els temps d'un cicle del motor.

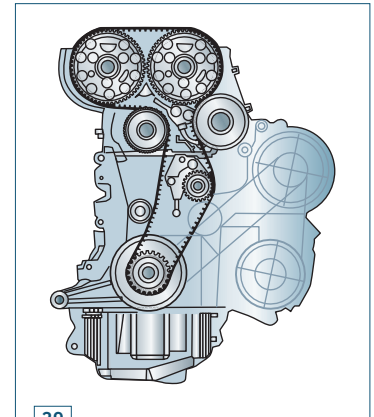
El mecanisme de la distribució (figura 29) consta d'un arbre de lleves accionat pel propi cigonyal, que gira a la meitat de revolucions que aquest i que s'encarrega d'obrir i tancar les vàlvules d'admissió i escapament d'una forma totalment sincronitzada. Per fer-ho, el sistema utilitza altres elements, com taquets, varetes, balancins, eix de balancins, etc.

L'arbre de lleves pot estar situat al bloc o a la culata i el seu accionament pot ser des del cigonyal per mitjà de diversos sistemes:

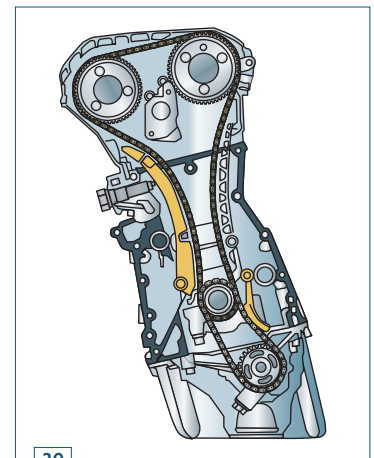
- **Corretja de distribució** (figura 29): és molt silenciosa, encara que requereix més manteniment que els següents i s'ha de mantenir protegida i neta.
- **Cadena de distribució** (figura 30): és més sorollosa que l'anterior. Necessita alguna forma de greixatge, ha d'anar en un càrter totalment estanc i té menys manteniment que l'anterior.
- **Cascada d'engranatges** (figura 31): és el mecanisme més fiable, encara que també és el més sorollós i el que absorbeix més potència. Requereix poc manteniment.

Les **vàlvules d'admissió** s'obren teòricament en el punt mort superior (PMS) i es tanquen en el punt mort inferior (PMI). Aquestes vàlvules permeten el pas de gasos frescos al cilindre en el temps d'admissió i l'eviten en la resta dels temps. El número de vàlvules d'admissió varia d'una a tres vàlvules per cilindre.

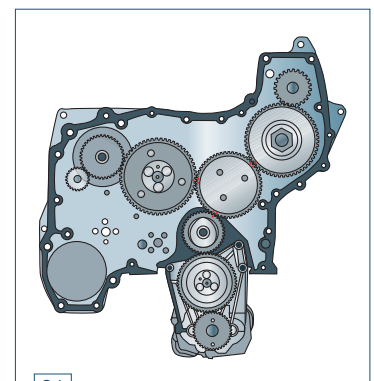
Les **vàlvules d'escapament** obren teòricament en el PMI i tanquen en el PMS. A la pràctica no ocorre així, sinó que les vàlvules tenen un avanç en l'obertura i un retard en el tancament.



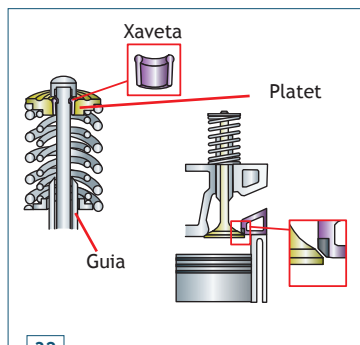
29  
Accionament per corretja de distribució.



30  
Accionament per cadena de distribució.

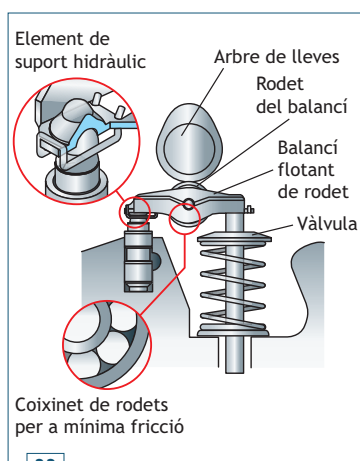


31  
Accionament per cascada d'engranatges.



32

Detall d'una vàlvula i el seu allotjament.



33

Accionament d'una vàlvula.

### Vàlvules buides

Algunes vàlvules d'escapament van buides i porten sodi a l'interior, deixant un buit amb aire. A partir de 90 °C, el sodi es liqua i es mou en contra del moviment alternatiu de la vàlvula. Així, quan la vàlvula està tancada, agafa la calor del cap i, quan obre, la passa a la cua per tal que dissipï la calor per la guia.

L'**arbre de lleves** té mecanitzades unes lleves que, en girar, obren o tanquen les vàlvules vencent les seves molles, que van subjectes mitjançant uns platets i xavetes (figura 32):

- El tancament de les vàlvules es produeix en desaparèixer la lleva.
- L'obertura de les vàlvules no se sol fer directament des de les lleves de l'arbre, sinó que s'hi solen interposar uns taquets i, a vegades, uns balancins (figura 33). Si l'arbre va al bloc, en augmentar la distància s'interposen unes varetes entre els taquets i els balancins.

Les vàlvules s'allotgen a pressió dins d'unes guies postisses de la culata més dures que aquesta. Al seu torn, les vàlvules tanquen a pressió els col·lectors sobre uns assentaments postissos de major duresa que el material de la culata.

### Característiques

L'arbre de lleves està sotmès a forces de torsió, a altes revolucions i al desgast dels seus suports i del flanc de les seves lleves. Els suports de l'arbre a la culata van engreixats a pressió. En un dels extrems, l'arbre porta una politja per realitzar el seu arrossegament des del cigonyal i, a l'altre extrem, es pot allotjar una altra politja per accionar indirectament la bomba de buit per al servofrè, una bomba d'alta pressió, etc.

Les vàlvules han de tenir una alta resistència mecànica i una alta conductivitat tèrmica per transmetre la calor a la culata. Les vàlvules estan sotmeses a:

- Elevades pressions de combustió.
- Altes temperatures.
- Corrosió i desgast, ja que tenen mal greixatge.
- Deformacions per copejament constant en obrir i tancar.

Les vàlvules estan formades pel cap, que fa el tancament dels conductes, i una tija sobre la qual es guia en el seu moviment alternatiu. Al cap porten mecanitzat un assentament amb un angle de 45°.

### Materials

Els materials utilitzats en el sistema de distribució depenen de l'element en qüestió:

- L'**arbre de lleves** sol ser de fosa de ferro o d'acer forjat, seguit d'un tractament tèrmic i/o químic.
- Les **vàlvules** són d'acer. Les d'escapament porten diferents aliatges perquè han de ser molt més resistents a la temperatura i dissipar millor la calor. Es poden fer de diferents materials, depenent de la sol·licitació de cada part de la vàlvula.
- Les **molles** estan fabricades d'acer al carboni aliats amb bastant silici per aconseguir una alta elasticitat i baixa fatiga amb l'ús.
- Les **guies** són de fosa de ferro. Han de tenir bona conductibilitat tèrmica i alta resistència al desgast.
- Els **assentaments de vàlvules** són de fosa de ferro, però fortament aliats per tal que suportin el copejament constant i dissipin la calor.
- Els **taquets** es fabriquen de fosa de ferro i porten un tractament de duresa, generalment tèrmic.
- Els **balancins** són de fosa o estampats en xapa d'acer.

## 7.2 > Circuit de greixatge

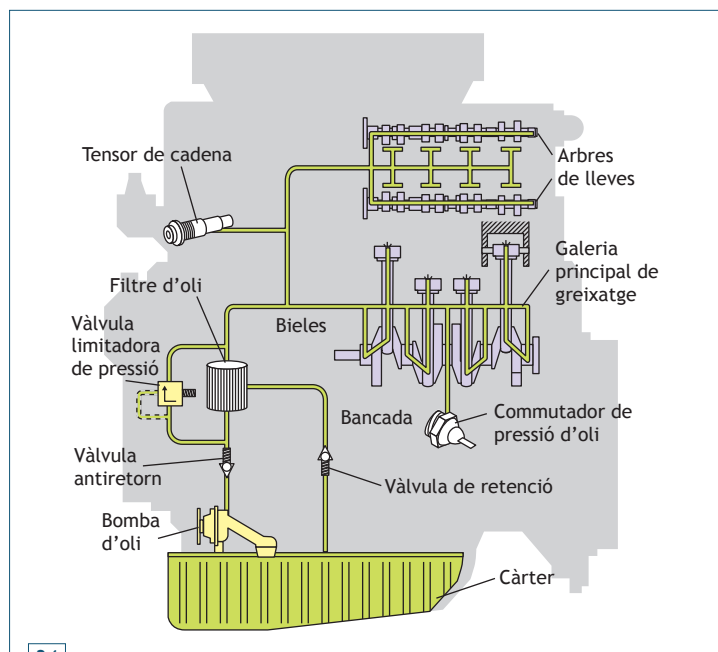
El circuit de greixatge s'encarrega de reduir els fregaments dins del motor, disminuint així els augments de temperatura.

Els fregaments provocats pel desplaçament i el gir de les peces del motor es poden limitar de dues formes:

- Interposant peces de diferent material i baix coeficient de fricció. Aquesta solució no és suficient.
- Interposant una pel·lícula de lubricant que evita el contacte físic entre metalls (figura 34).

Cal tenir en compte que el circuit de greixatge permet produir menys calor en el motor i garantir menors pèrdues d'energia, aconseguint així allargar la vida del motor.

Els principals components del sistema de greixatge del motor són: el dipòsit o càrter, la bomba, la galeria principal de greixatge i el filtre.



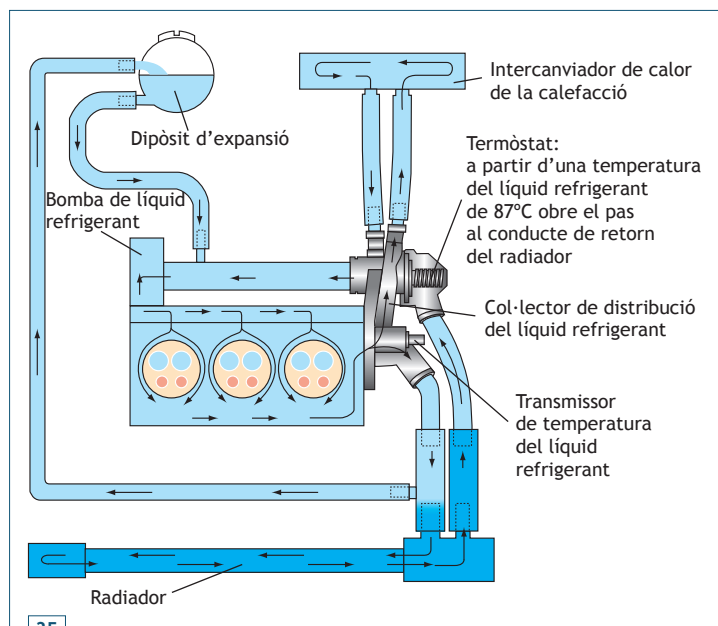
34  
Circuit de greixatge.

## 7.3 > Circuit de refrigeració

En el motor, es produeixen combustions en els cilindres que poden arribar a 2.000 °C de temperatura en instants puntuals. Part d'aquesta calor s'utilitza en el temps d'expansió per empènyer el pistó i aportar treball, però la resta de la calor s'ha d'evacuar a l'escapament i el circuit de refrigeració per impedir dilatacions, friccions elevades, deformacions i fins i tot fusions de materials.

El circuit de refrigeració aconsegueix que el motor treballi amb temperatures regulades entre 90 i 100 °C per tal que tingui bon rendiment i baixos desgast.

L'habitual en automoció és la refrigeració per líquid. Aquest sistema té els següents components principals: radiadors, termòstat, bomba i ventilador.



35  
Circuit de refrigeració per líquid.

## Activitats

4•• Enumera tots els elements que coneguis dels circuits de lubricació i refrigeració. Inclou tots els que coneguis encara que no s'esmentin en aquesta unitat.

## Activitats finals

- 1•• Per què és més car un motor dièsel que un altre de gasolina a igualtat de potència?
- 2•• Troba motors reals que compleixin les característiques següents:
  - Motor alternatiu dièsel, amb tres cilindres i quatre temps.
  - Motor de combustió interna, gasolina, d'un cilindre i quatre temps.
  - Motor alternatiu de cinc cilindres en V i de dotze cilindres en W.
- 3•• Busca dos motors de quatre cilindres i quatre temps, de potència similar, un de gasolina i l'altre dièsel, i completa al teu quadern la taula següent. Comenta els valors amb el professor i els companys.

|                                | Motor gasolina      | Motor dièsel        |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|
|                                | Denominació         | Denominació         |
| Relació carrera/diàmetre (L/D) | .... .... .... .... | .... .... .... .... |
| Número de cilindres            | .... .... .... .... | .... .... .... .... |
| rpm per a màxima potència      | .... .... .... .... | .... .... .... .... |
| Relació per a compressió       | .... .... .... .... | .... .... .... .... |
| Parell màxim                   | .... .... .... .... | .... .... .... .... |
| rpm per a màxim parell         | .... .... .... .... | .... .... .... .... |
| Consum específic (g/kWh)       | .... .... .... .... | .... .... .... .... |

- 4•• Cita els tres conjunts d'elements més importants d'un motor.
- 5•• Quins són els dos materials més usats en la fabricació de motors?
- 6•• Enumera les parts més importants d'un pistó.
- 7•• En què ha evolucionat més un motor mecànicament?
- 8•• Enumera els elements estructurals o fixos del motor.
- 9•• Quins dos avantatges més importants té l'aliatge d'alumini enfront de la fosa de ferro?
- 10•• Quin segment de compressió és el segment de foc?
- 11•• Esmenta els elements del tren alternatiu.
- 12•• Enumera els mecanismes i circuits auxiliars d'un motor.
- 13•• Com s'aconsegueix reduir el fregament entre peces metàl·liques?
- 14•• Quin és el número màxim de vàlvules que coneixes en un cilindre d'un motor de quatre temps, incloses les d'admissió i les d'escapament? I el mínim?
- 15•• Esmenta els tres tipus d'accionament que existeixen en les distribucions actuals.
- 16•• Com s'aconsegueixen engrèixar les monyequetes de biela?
- 17•• Quins són els tres tipus de camises que pot tenir un bloc?
- 18•• Quina peça s'encarrega d'aconseguir l'estanquitat entre la culata i el bloc motor?

## Autoavaluació

### 1. Els motors dièsel també es denominen:

- a) Motors d'encesa provocada.
- b) Motors d'explosió.
- c) Motors d'encesa per compressió (MEC).
- d) Tots els motors anteriors són dièsel.

### 2. Durant el procés de compressió en un motor dièsel:

- a) Es comprimeix aire i gasolina.
- b) Es comprimeix només aire.
- c) Es comprimeix aire i gasoil.
- d) Un motor dièsel no té procés de compressió.

### 3. En els motors de gasolina sense turbo:

- a) La pressió en el col·lector d'admissió sempre és l'atmosfèrica.
- b) La pressió en el col·lector d'admissió sempre és menor que l'atmosfèrica.
- c) La pressió en el col·lector d'admissió depèn de l'estrangulació com a conseqüència de la regulació de la càrrega.
- d) No existeixen motors de gasolina sense turbo.

### 4. Entre els elements constructius motors d'un motor es troben:

- a) Els pistons, els segments i els cilindres.
- b) Els pistons, les bieles i els cigonyals.
- c) Els pistons, els cilindres i els cigonyals.
- d) Les respostes b i c són correctes.

### 5. La culata d'un motor alternatiu és un element constructiu:

- a) Mòbil.
- b) Fix.
- c) Auxiliar.
- d) Totes les respostes anteriors són correctes.

### 6. Els blocs amb camises integrals:

- a) Tenen els cilindres mecanitzats al bloc.
- b) Tenen bona refrigeració.
- c) Permeten reparar els cilindres mitjançant mecanització.
- d) Totes les respostes anteriors són correctes.

### 7. L'ordre de col·locació dels segments, començant pel cap del pistó, sol ser:

- a) Compressió, foc, greixatge.
- b) Compressió, foc, rascador.
- c) Foc, compressió, rascador.
- d) Foc, rascador, greixatge.

### 8. Les monyequetes de bancada del cigonyal van:

- a) Desalineades sobre el mateix eix.
- b) Alineades sobre el mateix eix.
- c) Alineades en diversos eixos, depenent del tipus de motor.
- d) Desalineades en diversos eixos, depenent del tipus de motor.

### 9. Les monyequetes de biela solen anar:

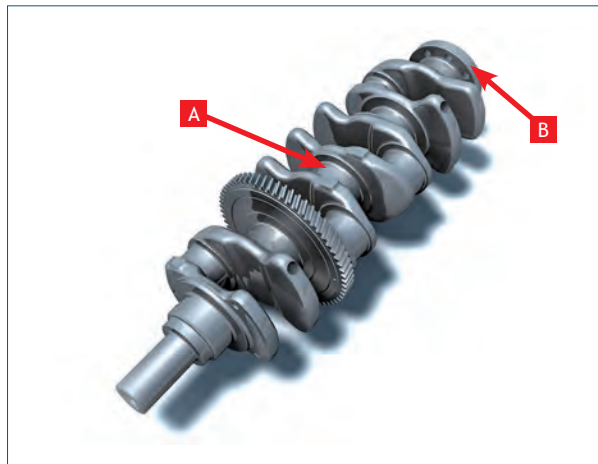
- a) Desalineades, depenent del tipus de motor.
- b) Alineades, depenent del tipus de motor.
- c) Desalineades, però en un mateix eix.
- d) No existeixen monyequetes de biela.

### 10. La missió dels casquets antifrcció és:

- a) Reduir el desgast.
- b) Reduir les temperatures elevades.
- c) Reduir el coeficient de fricció.
- d) Totes les respostes anteriors són correctes.

### 11. A la figura següent, en què es representa el cigonyal d'un motor, la zona marcada amb la lletra A correspon a:

- a) La monyequeta de biela.
- b) La monyequeta de bancada.
- c) La zona de col·locació del casquet axial.
- d) La zona d'amarratge del volant motor.



### 12. A la figura del cigonyal, la zona marcada amb la lletra B correspon a:

- a) Monyequeta de bancada.
- b) Contrapès.
- c) Xaveter per fixar el pinyó de la distribució.
- d) Zona d'amarratge del volant motor.